

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ Й НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**до практичних занять за курсом**  
**«Електрофізичні установки для випробувань та випромінювання**  
**високої щільності»**

**Тема: «Вибір параметрів елементів розрядного кола генератора імпульсів струму. Аналітичне завдання форми імпульсу струму»**

**для студентів спеціалізації:**  
**«Відновлювані джерела енергії та техніка і електрофізика високих напруг»**

Затверджено  
на засіданні кафедри  
інженерної електрофізики  
Протокол №7 від 21.01.2019

**Методичні вказівки** до практичних занять за курсом «Електрофізичні установки для випробувань та випромінювання високої щільності». Тема: «Вибір параметрів елементів розрядного кола генератора імпульсів струму. Аналітичне завдання форми імпульсу струму» : для студентів спеціалізації: «Відновлювані джерела енергії та техніка і електрофізика високих напруг» : уклад. В.Є. Марценюк, О.О. Петков – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. - 16 с.

Укладачі: В.Є. Марценюк  
О.О. Петков

Самостійне електронне видання

Кафедра інженерної електрофізики

## 1. Загальна характеристика задачі вибору параметрів елементів розрядного кола генератора імпульсів струму

Завдання вибору параметрів елементів розрядного кола (РК) генераторів імпульсів струму (ГІС) на практиці виникають у ряді випадків:

- при проектуванні знову створюваних ГІС;
- при переведенні діючий ГІС у новий режим експлуатації із зміненням навантаженням;
- при переведенні діючий ГІС у новий режим експлуатації із зміненою формою імпульсу струму.

У загальному випадку імпульс струму, який формується у РК, може бути заданий:

- аналітичним виразом;
- набором контрольованих параметрів;
- комбінованим способом.

Нижче описана методика вибору параметрів елементів РК ГІС при завданні імпульсу струму, який протікає в навантаженні, аналітичним виразом. Розглянуто варіанти, коли при розряді ГІС на активно-індуктивне навантаження, у ньому протікають наступні імпульси струму:

- імпульс аперіодичної форми, який описується сумою двох експонент

$$i(t) = I_{nr} (e^{-\beta_1 t} - e^{-\beta_2 t}); \quad (1)$$

- граничний аперіодичний (критичний) імпульс струму

$$i(t) = I_{nr} t e^{-\beta t}; \quad (2)$$

- коливальний імпульс струму

$$i(t) = I_{nr} e^{-\beta t} \sin(\omega t), \quad (3)$$

де на коефіцієнти, значення яких задається при описі необхідного імпульсу, накладаються наступні умови:  $I_{nr} > 0$  – множник, що нормує;  $\beta_2 > \beta_1 > 0$ ;  $\beta > 0$  – показники експонент;  $\omega > 0$  – кругова частота.

## 2. Виведення співвідношень для визначення параметрів елементів розрядного кола генератора імпульсів струму

РК ГІС, які споруджуються на базі ємнісних накопичувачів енергії, у найбільш загальному випадку може бути представлене у вигляді послідовного  $RLC$  – кола, показаного на рис. 1.

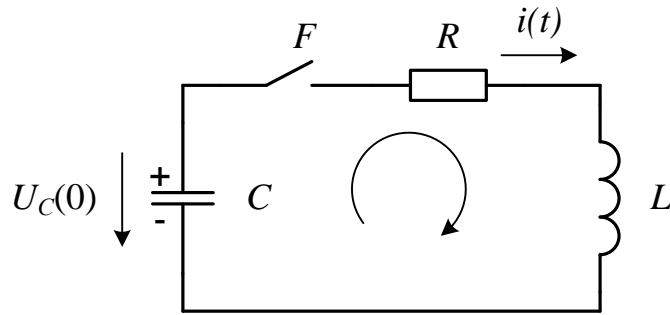


Рисунок 1 - Схема розряду конденсатора на опір і індуктивність:

$U_C(0)$  – початкова напруга на конденсаторі (напруга заряджання);

$C$  – ємність конденсатора;  $R$  – опір розрядного контуру;

$L$  – індуктивність розрядного контуру;  $F$  – ключ;  $i(t)$  – струм розряду конденсатора

**2.1. Аперіодичний розряд конденсатора.** Якщо співвідношення між величинами елементів розрядного кола має вигляд  $R > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ , то при розряді конденсатора в колі протікає аперіодичний імпульс струму виду [1]

$$i(t) = \frac{U_C(0)}{L(p_1 - p_2)} (e^{p_1 t} - e^{p_2 t}), \quad (4)$$

де

$$p_{1,2} = -\frac{R}{2L} \pm \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}}. \quad (5)$$

Помітимо, що для величин з (5) мають місце наступні співвідношення  $p_1 < 0$ ,  $p_2 < 0$  й  $|p_1| < |p_2|$ .

Порівнюючи вирази (1) і (4) можна зробити висновок про те, що для формування імпульсу струму виду (1) повинні виконуватися наступні умови:

$$I_{nr} = \frac{U_C(0)}{L(p_1 - p_2)}, \quad (6)$$

$$p_1 = -\beta_1, \quad (7)$$

$$p_2 = -\beta_2. \quad (8)$$

Ці умови дозволяють обчислити елементи розрядного кола. Так, підставляючи (7) і (8) в (6) і проводячи перетворення, можна визначити індуктивність розрядного контуру

$$L = \frac{U_C(0)}{I_{nr}} \frac{1}{\beta_2 - \beta_1}. \quad (9)$$

Виконаємо підсумовування (7) і (8), знаходимо цю же суму  $p_1$  і  $p_2$  з (5) і прирівнюємо результати

$$-\beta_1 - \beta_2 = -\frac{R}{L}. \quad (10)$$

Далі в (10) підставимо  $L$  з (9) і, після перетворення, одержимо вираз для визначення опору розрядного контуру

$$R = \frac{U_C(0)}{I_{nr}} \frac{\beta_1 + \beta_2}{\beta_2 - \beta_1}. \quad (11)$$

Використовуючи (7) і (8) обчислимо добуток  $p_2 \cdot p_1$ , і цей же добуток знайдемо, використовуючи (5), далі прирівнюємо результати

$$\beta_1 \beta_2 = \frac{1}{LC}. \quad (12)$$

Далі в (12) підставимо  $L$  з (9) і, після перетворення, одержимо вираз для визначення ємності конденсатора

$$C = \frac{I_{nr}}{U_C(0)} \frac{\beta_2 - \beta_1}{\beta_1 \beta_2}. \quad (13)$$

Таким чином, використовуючи співвідношення (9), (11) і (13), при заданих коефіцієнтах форми імпульсу струму (1) і заданій напрузі заряджання конденсатора  $U_C(0)$  можемо визначити значення параметрів елементів РК:  $R$ ,  $L$  і  $C$ .

**2.2. Граничний аперіодичний (критичний) розряд конденсатора.** Якщо співвідношення між величинами елементів розрядного кола має вигляд

$$R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}, \quad (14)$$

то при розряді конденсатора в колі протікає аперіодичний імпульс струму виду [1]

$$i(t) = \frac{U_C(0)}{L} t e^{pt}, \quad (15)$$

де

$$p = -\frac{R}{2L}. \quad (16)$$

Прирівнюємо відповідні члени виразів (2) і (15)

$$I_{nr} = \frac{U_C(0)}{L}; \quad (17)$$

$$-\beta = -\frac{R}{2L}, \quad (18)$$

і після перетворень одержимо

$$L = \frac{U_C(0)}{I_{nr}}; \quad (19)$$

$$R = 2\beta \frac{U_C(0)}{I_{nr}}. \quad (20)$$

Підставляючи у вираз (14) один з виразів (19) або (20), можна одержати формулу для визначення ємності конденсатора

$$C = \frac{I_{nr}}{\beta^2 U_C(0)}. \quad (21)$$

Таким чином, використовуючи співвідношення (19), (20) і (21), при заданих коефіцієнтах форми імпульсу струму (2) і заданій напрузі заряджання конденсатора  $U_C(0)$  можемо визначити значення параметрів елементів РК:  $R$ ,  $L$  і  $C$ .

Слід зазначити, що розглянутий варіант співвідношення параметрів РК (14) має більше теоретичний характер, тому що в точності реалізувати умову (14) на практиці не представляється можливим. Це обумовлено відхиленнями параметрів  $R$ ,  $L$  і  $C$  від розрахункових значень при виготовленні відповідних фізичних елементів.

**2.3. Коливальний розряд конденсатора.** Якщо співвідношення між величинами елементів розрядного кола має вигляд  $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ , то при розряді конденсатора в колі протікає коливальний імпульс струму виду [1]

$$i(t) = \frac{U_C(0)}{\omega_0 L} e^{-\alpha t} \sin(\omega_0 t), \quad (22)$$

де

$$\alpha = \frac{R}{2L}, \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}. \quad (23)$$

Порівнюючи вираз (3) і (22) можна зробити висновок про те, що для формування коливального імпульсу струму виду (3) повинні виконуватися наступні умови:

$$I_{nr} = \frac{U_C(0)}{\omega_0 L}, \quad (24) \text{ii}$$

$$\beta = \alpha, \quad (25)$$

$$\omega = \omega_0. \quad (26)$$

Проводячи перетворення (рекомендуємо провести самостійно) аналогічні, проведеним у п.2.1 і п.2.2, можна одержати наступні вирази для визначення параметрів елементів РК:  $R$ ,  $L$  і  $C$ .

$$L = \frac{U_C(0)}{I_{nr} \omega}; \quad (27)$$

$$R = \frac{2\beta U_C(0)}{I_{nr} \omega}; \quad (28)$$

$$C = \frac{I_{nr} \omega}{U_C(0)} \frac{1}{\beta^2 + \omega^2}. \quad (29)$$

#### 2.4. Вибір параметрів розрядного кола генератора імпульсів струму.

Реально РК ГІС з великою запасаємою енергією, складається із сотень і навіть тисяч елементів, тому параметри, визначені за (9), (11), (13), (19) - (21) і (27) - (29) є еквівалентними параметрами ряду функціональних елементів, показаних на рис. 2, а саме:

$$R = R_G + R_F + R_H; \quad (30)$$

$$L = L_G + L_F + L_H; \quad (31)$$

$$C = \frac{C_G C_F}{C_G + C_F}. \quad (32)$$

$$U_C(0) = U_G(0). \quad (33)$$

При переведенні діючий ГІС (відомі параметри  $U_G(0)$ ,  $R_G$ ,  $L_G$ ,  $C_G$ ) у режим експлуатації з новим навантаженням (нові значення  $R_H$ ,  $L_H$ ) і/або новою формою імпульсу струму (нові значення коефіцієнтів виразах (1) – (3)) виникає необхідність визначення значень параметрів формуючих

елементів  $R_F$ ,  $L_F$ ,  $C_F$ , які забезпечують необхідну форму імпульсу струму.

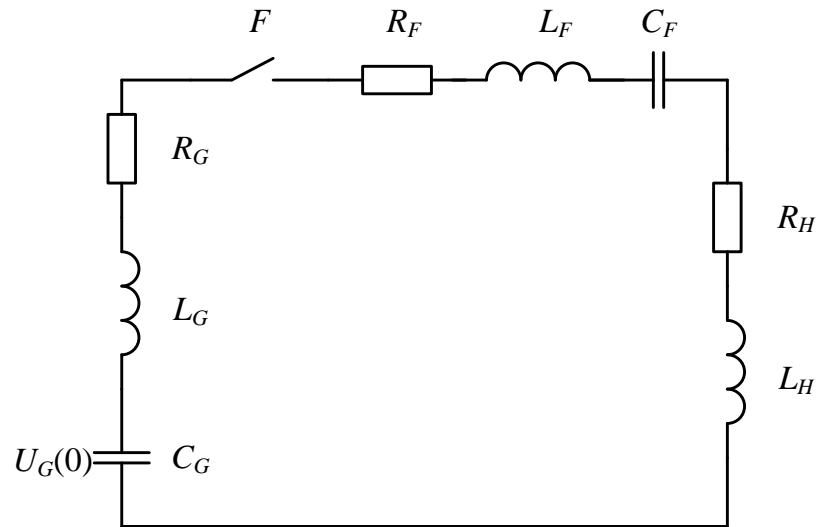


Рисунок 2 - Еквівалентна розрахункова схема розрядного кола генератора імпульсів струму з формуючими елементами:

$U_G(0)$  – напруга заряджання ємнісного накопичувача енергії;

$R_G$ ,  $L_G$ ,  $C_G$  – відповідно активний опір, індуктивність і ємність ємнісного накопичувача енергії;

$R_F$ ,  $L_F$ ,  $C_F$  – відповідно активний опір, індуктивність і ємність формуючих елементів;

$R_H$ ,  $L_H$  – відповідно формуючий активний опір і індуктивність навантаження

Активний опір формуючого елемента розраховується виходячи зі співвідношення (30) (з урахуванням (11) або (20) або (28)) по формулі:

$$R_F = R - R_G - R_H. \quad (34)$$

Для визначення індуктивності формуючого елемента скористаємося співвідношенням (31) (з урахуванням (9) або (19) або (27)), маємо:

$$L_F = L - L_G - L_H. \quad (35)$$

Значення ємності формуючого елемента можна визначити по наступній формулі, отриманій зі співвідношень (32) (з урахуванням (13) або (21) або (29)):

$$C_F = \frac{1}{\frac{1}{C} - \frac{1}{C_G}}. \quad (36)$$

Наявність формуючої ємності  $C_F$  у колі розряду ГІС небажано, тому що в цьому випадку після закінчення перехідного процесу (розряду ГІС на



навантаження) на ній і на ємності генератора  $C_G$  залишається заряд [2], що вимагає вживання додаткових заходів з техніки безпеки. Тому формуючу ємність  $C_F$ , визначену за (36), доцільно не вводити в РК, а реалізувати шляхом відключення частини конденсаторів ємнісного накопичувача генератора (якщо це допускається його конструкцією) таким чином, щоб нова величина ємності генератора  $C_G^*$  становила (визначається з умови, що  $C_G^*$  повинна дорівнювати  $C$ , визначеної за (32)):

$$C_G^* = \frac{C_G}{1 + \frac{C_G}{C_F}}. \quad (37)$$

У випадку якщо, розраховані за (35) – (36) параметри приймають від'ємні значення (що фізично не може бути реалізовано) або значення, які неможливо реалізувати технічно, варто констатувати, що при заданій напрузі заряджання ємнісного накопичувача  $U_G(0)$  неможливо в РК сформувати необхідний імпульс струму. Виходом із цієї ситуації є підвищення напруги заряджання ємнісного накопичувача. Якщо в результаті розрахунку отримане  $R_F = 0$  або  $L_F = 0$  або  $C_F = \infty$ , то відповідні елементи не входять у РК.

### 3. Приклади вибору параметрів елементів РК ГІС

**Приклад №1.** Потрібно визначити еквівалентні параметри РК ГІС, що повинен формувати при замкнутому виході імпульс струму виду  $i(t) = I_{nr} (e^{-\beta_1 t} - e^{-\beta_2 t})$ . Значення коефіцієнтів:  $I_{nr} = 2 \cdot 10^3$  А,  $\beta_1 = 2 \cdot 10^4$  с<sup>-1</sup>,  $\beta_2 = 2,8 \cdot 10^5$  с<sup>-1</sup>. Напруга заряджання ГІС не повинне перевищувати 10 кВ.

#### **Розв'язання.**

Напругу заряджання ГІС приймемо рівною 10 кВ. Використовуючи співвідношення (9), (11) і (13) обчислимо параметри елементів РК:

еквівалентна індуктивність

$$L = \frac{1 \cdot 10^4}{2 \cdot 10^3} \cdot \frac{1}{2,8 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^4} \approx 1,92 \cdot 10^{-5} \text{ (Гн)}. \quad (38)$$

еквівалентний опір

$$R = \frac{1 \cdot 10^4}{2 \cdot 10^3} \cdot \frac{2 \cdot 10^4 + 2,8 \cdot 10^5}{2,8 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^4} \approx 5,77 \text{ (Ом)}. \quad (39)$$

ємність накопичувача

$$C = \frac{2 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^4} \cdot \frac{2,8 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^4}{2 \cdot 10^4 \cdot 2,8 \cdot 10^5} \approx 9,29 \cdot 10^{-6} (\Phi). \quad (40)$$

Отримані розрахункові значення параметрів елементів можуть бути технічно реалізовані [3].

**Приклад №2.** Маємо ГІС з наступними параметрами: ємність накопичувальної конденсаторної батареї –  $C_G = 4 \cdot 10^{-4} \Phi$ ; активний опір гілки ємнісного накопичувача енергії –  $R_G = 0,4 \text{ Ом}$ ; індуктивність гілки ємнісного накопичувача енергії –  $L_G = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$ ; напруга заряджання конденсаторної батареї може змінюватися в інтервалі –  $U_G(0) = 2 \cdot 10^3 - 5 \cdot 10^3 \text{ В}$ . Потрібно вибрати параметри формуючих елементів таким чином, щоб в активно-індуктивному навантаженні протікав аперіодичний імпульс струму виду  $i(t) = I_{nr} (e^{-\beta_1 t} - e^{-\beta_2 t})$ . Значення коефіцієнтів:  $I_{nr} = 2 \cdot 10^3 \text{ А}$ ,  $\beta_1 = 2 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$ ,  $\beta_2 = 2,8 \cdot 10^5 \text{ с}^{-1}$ . Параметри навантаження: активний опір гілки навантаження –  $R_H = 2 \text{ Ом}$ ; індуктивність гілки навантаження –  $L_H = 2 \cdot 10^{-7} \text{ Гн}$ .

### **Розв'язання.**

Напругу заряджання ГІС приймемо рівною 2 кВ. Обчислимо параметри формуючих елементів РК.

Формуючий опір визначимо виходячи з (34) і (11)

$$R_F = \frac{2 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^3} \cdot \frac{2 \cdot 10^4 + 2,8 \cdot 10^5}{2,8 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^4} - 0,4 - 2 \approx -1,25 (\text{Ом}). \quad (41)$$

Отримано від'ємне значення опору, що фізично не може бути реалізовано. Виходячи з наведених вище рекомендацій (п.2.3), збільшимо напругу заряджання ємнісного накопичувача й приймемо її рівною 5 кВ.

$$R_F = \frac{5 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^3} \cdot \frac{2 \cdot 10^4 + 2,8 \cdot 10^5}{2,8 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^4} - 0,4 - 2 \approx 0,49 (\text{Ом}). \quad (42)$$

Формуючу індуктивність визначимо виходячи з (35) і (9)

$$L = \frac{5 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^3} \cdot \frac{1}{2,8 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^4} - 1 \cdot 10^{-6} - 2 \cdot 10^{-7} \approx 8,42 \cdot 10^{-6} (\text{Гн}). \quad (43)$$

Формуючу ємність визначимо виходячи з (36) і (13)

$$C_F = \frac{1}{\frac{5 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^3} \frac{2 \cdot 10^4 \cdot 2,8 \cdot 10^5}{2,8 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^4} - \frac{1}{4 \cdot 10^{-4}}} \approx 1,95 \cdot 10^{-5} \text{ (Ф)}. \quad (44)$$

Щоб не вводити формуючу ємність у РК відключимо частину конденсаторів ємнісного накопичувача (припускаємо, що його конструкція допускає таку операцію). Необхідну ємність частини батареї конденсаторів, яка залишиться, визначимо за формулою (37).

$$C_G^* = \frac{4 \cdot 10^{-4}}{1 + \frac{4 \cdot 10^{-4}}{1,95 \cdot 10^{-5}}} \approx 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ (Ф)}. \quad (45)$$

Отримані розрахункові значення параметрів формуючих елементів і ємності батареї накопичувальних конденсаторів можуть бути технічно реалізовані [3].

**Приклад №3.** Маємо ГІС з наступними параметрами: ємність накопичувальної конденсаторної батареї –  $C_G = 5 \cdot 10^{-4}$  Ф; активний опір гілки ємнісного накопичувача енергії –  $R_G = 0,3$  Ом; індуктивність гілки ємнісного накопичувача енергії –  $L_G = 1 \cdot 10^{-7}$  Гн; напруга заряджання конденсаторної батареї може змінюватися в інтервалі –  $U_G(0) = 3 \cdot 10^4 - 5 \cdot 10^4$  В. Потрібно вибрати параметри формуючих елементів таким чином, щоб в активно-індуктивному навантаженні протікав коливальний імпульс струму виду  $i(t) = I_{nr} e^{-\beta t} \sin(\omega t)$ . Значення коефіцієнтів:  $I_{nr} = 2 \cdot 10^4$  А,  $\beta = 1 \cdot 10^4$  с<sup>-1</sup>,  $\omega = 8 \cdot 10^4$  с<sup>-1</sup>. При цьому напруга заряджання конденсаторної батареї повинна бути мінімально можливою із припустимого інтервалу (з погрішністю не більше 5 кВ). Параметри навантаження: активний опір гілки навантаження –  $R_H = 0,15$  Ом; індуктивність гілки навантаження –  $L_H = 5 \cdot 10^{-7}$  Гн.

### **Розв'язання.**

Напругу заряджання ГІС приймемо рівною 30 кВ (нижня границя припустимого інтервалу). Обчислимо параметри формуючих елементів РК.

Формуючий опір визначимо виходячи з (34) і (28)

$$R_F = \frac{2 \cdot 1 \cdot 10^4 \cdot 30 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^4 \cdot 8 \cdot 10^4} - 0,3 - 0,15 \approx -0,075 \text{ (Ом)}. \quad (46)$$

Отримано від'ємне значення опору, що фізично не може бути реалізовано. Виходячи з наведених вище рекомендацій (п.2.3), будемо збільшувати напругу заряджання ємнісного накопичувача із кроком 5 кВ

(припустима погрішність) до значення, при якому значення опору стане додатною величиною (яка може бути фізично реалізованою). Проводячи розрахунки, аналогічні (46), маємо:

- при напрузі заряджання  $U_G(0) = 35 \cdot 10^3$  В формуючий опір  $R_F = -0,013$  Ом;

- при напрузі заряджання  $U_G(0) = 40 \cdot 10^3$  В формуючий опір  $R_F = 0,05$  Ом. Дане значення опору може бути фізично реалізовано. Приймаємо напругу заряджання рівною  $U_G(0) = 40 \cdot 10^3$  В и проведемо розрахунки інших формуючих елементів.

Формуючу індуктивність визначимо виходячи з (35) і (27)

$$L_F = \frac{40 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^4 \cdot 8 \cdot 10^4} - 1 \cdot 10^{-7} - 5 \cdot 10^{-7} \approx 2,44 \cdot 10^{-6} \text{ (Гн)}. \quad (47)$$

Формуючу ємність визначимо виходячи з (36) і (29)

$$C_F = \frac{1}{\frac{40 \cdot 10^3 \cdot \left( \left( 1 \cdot 10^4 \right)^2 + \left( 8 \cdot 10^4 \right)^2 \right)^2}{2 \cdot 10^4 \cdot 8 \cdot 10^4} - \frac{1}{5 \cdot 10^{-4}}} \approx 6,23 \cdot 10^{-6} \text{ (Ф)}. \quad (48)$$

Щоб не вводити формуючу ємність у РК відключимо частину конденсаторів ємнісного накопичувача (припускаємо, що його конструкція допускає таку операцію). Необхідну ємність частини батареї конденсаторів, яка залишиться, визначимо за формулою (37).

$$C_G^* = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{1 + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{6,23 \cdot 10^{-6}}} \approx 6,15 \cdot 10^{-6} \text{ (Ф)}. \quad (45)$$

Отримані розрахункові значення параметрів формуючих елементів і ємності батареї накопичувальних конденсаторів можуть бути технічно реалізовані [3].

#### 4. Контрольні завдання

##### Умова завдання.

Маємо ГІС з наступними параметрами: ємність накопичувальної конденсаторної батареї –  $C_G$ ; активний опір гілки ємнісного накопичувача енергії –  $R_G$ ; індуктивність гілки ємнісного накопичувача енергії –  $L_G$ ; напруга заряджання конденсаторної батареї може змінюватися в інтервалі –  $U_G(0) = [U_1, U_2]$ . Потрібно вибрати параметри формуючих елементів таким чином, щоб в активно-індуктивному навантаженні протікав імпульс струму виду (залежно від варіанта завдання)  $i(t) = I_{nr}(e^{-\beta_1 t} - e^{-\beta_2 t})$  або  $i(t) = I_{nr}e^{-\beta t} \sin(\omega t)$ . При цьому напруга заряджання конденсаторної батареї повинна бути мінімально можливою із припустимого інтервалу (з погрішністю не більше 5 кВ). Параметри навантаження: активний опір гілки навантаження –  $R_H$ ; індуктивність гілки навантаження –  $L_H$ .

Варіанти вихідних даних наведені в таблиці 1 і таблиці 2.

Таблиця 1

Номер варіанта	$C_G, \Phi$	$R_G, \text{Ом}$	$L_G, \text{Гн}$	$U_1, \text{кВ}$	$U_2, \text{кВ}$	$R_H, \text{Ом}$	$L_H, \text{Гн}$
1	$4 \cdot 10^{-4}$	0,4	$1 \cdot 10^{-6}$	30	50	2	$2 \cdot 10^{-7}$
2	$5 \cdot 10^{-4}$	0,1	$5 \cdot 10^{-7}$	20	50	0,2	$6 \cdot 10^{-6}$
3	$4 \cdot 10^{-4}$	0,4	$1 \cdot 10^{-6}$	50	80	3	$2 \cdot 10^{-7}$
4	$5 \cdot 10^{-4}$	0,1	$5 \cdot 10^{-7}$	50	80	0,35	$6 \cdot 10^{-6}$
5	$4 \cdot 10^{-4}$	0,4	$1 \cdot 10^{-6}$	50	80	3	$2 \cdot 10^{-7}$
6	$5 \cdot 10^{-4}$	0,1	$5 \cdot 10^{-7}$	60	80	0,35	$6 \cdot 10^{-6}$
7	$4 \cdot 10^{-4}$	0,4	$1 \cdot 10^{-6}$	40	60	3	$2 \cdot 10^{-7}$
8	$5 \cdot 10^{-4}$	0,1	$5 \cdot 10^{-7}$	10	60	0,35	$6 \cdot 10^{-6}$
9	$4 \cdot 10^{-4}$	0,4	$1 \cdot 10^{-6}$	90	100	3	$2 \cdot 10^{-7}$
10	$5 \cdot 10^{-4}$	0,2	$7 \cdot 10^{-7}$	10	40	0,35	$6 \cdot 10^{-6}$
11	$4 \cdot 10^{-4}$	0,4	$2 \cdot 10^{-6}$	90	100	3	$2 \cdot 10^{-7}$
12	$8 \cdot 10^{-4}$	0,2	$7 \cdot 10^{-7}$	20	50	0,35	$6 \cdot 10^{-6}$
13	$4 \cdot 10^{-4}$	0,4	$2 \cdot 10^{-6}$	50	70	3	$2 \cdot 10^{-6}$
14	$8 \cdot 10^{-4}$	0,2	$7 \cdot 10^{-7}$	10	30	0,35	$6 \cdot 10^{-6}$
15	$4 \cdot 10^{-4}$	0,4	$2 \cdot 10^{-6}$	50	70	3,5	$2 \cdot 10^{-6}$
16	$8 \cdot 10^{-4}$	0,2	$7 \cdot 10^{-7}$	10	30	0,5	$1 \cdot 10^{-6}$

Таблиця 2

Номер варіанта	$I_{nr}, A$	$\beta_1, c^{-1}$	$\beta_2, c^{-1}$	$\beta, c^{-1}$	$\omega, c^{-1}$
1	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$2,8 \cdot 10^5$	-	-
2	$5 \cdot 10^4$	-	-	$2 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^5$
3	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$2,8 \cdot 10^5$	-	-
4	$3 \cdot 10^4$	-	-	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^5$
5	$2 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	$2,8 \cdot 10^5$	-	-
6	$4,5 \cdot 10^4$	-	-	$1,5 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^5$
7	$1,5 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	$2,8 \cdot 10^5$	-	-
8	$4,5 \cdot 10^4$	-	-	$1,5 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$
9	$3 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^5$	-	-
10	$4,5 \cdot 10^4$	-	-	$1,5 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$
11	$3 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^5$	-	-
12	$4,7 \cdot 10^4$	-	-	$1,5 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$
13	$2 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^5$	-	-
14	$2,5 \cdot 10^4$	-	-	$1,5 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$
15	$2 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^5$	-	-
16	$2,5 \cdot 10^4$	-	-	$1,5 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$

## ЛІТЕРАТУРА

1. Татур Т.А. Основы теории электрических цепей (справочное пособие) : учеб. пособие / Т.А. Татур. – М. : Высш. школа, 1980. – 271 с.
2. Гинзбург С.Г. Методы решения задач по переходным процессам в электрических цепях / С.Г. Гинзбург. – М. Высш. школа, 1967. – 387 с.
3. Петков О.О. Розрахунок і проектування резистивно-індуктивних елементів високовольтних імпульсних установок : навч. посіб. / О.О.Петков. – Х. : Вид-во "Підручник НТУ "ХПІ", 2014. – 196 с. ISBN 978-617-687-010-4.

## ЗМІСТ

1. Загальна характеристика завдання вибору параметрів елементів розрядного кола генератора імпульсів струму .....	3
2. Вивід співвідношень для визначення параметрів елементів розрядного кола генератора імпульсів струму .....	3
2.1. Аперіодичний розряд конденсатора .....	4
2.2. Граничний аперіодичний (критичний) розряд конденсатора .....	5
2.3. Коливальний розряд конденсатора .....	6
2.4. Вибір параметрів розрядного кола генератора імпульсів струму ..	7
3. Приклади вибору параметрів елементів РК ГІС .....	9
4. Контрольні завдання .....	13
Література .....	15